

自律高空帆走プラットフォームによる海洋立国

比江島 慎二¹

¹岡山大学 大学院環境生命科学研究科.

風車を使わず、凧型の飛行体を上空に揚げて風力を捉え、その曳航力で洋上を帆走することで発電する自律高空帆走発電を提案した。発電した電力は送電せず、浮体内に蓄電するため、これまで取り出せなかった、沖合30km以上の遠洋に眠る膨大な洋上風力を獲得できる。固定設置しないため漁業との競合もない。無人で稼働するドローン船としての機能を備え、その高機動性を活かして、海洋状況把握(MDA)などの発電以外の用途にも活用できる。

キーワード：洋上風力発電，高空風力発電，Hydro-VENUS，流体励起振動，海洋状況把握

1. 日本近海に眠る豊富な洋上風力

日本の排他的経済水域の面積は国土の12倍、世界第6位の海洋面積を誇り、洋上風力、波力、海流、潮流、海洋温度差などの豊富な海洋再生可能エネルギーに恵まれる。その中でも洋上風力は特にポテンシャルが高いことが知られ、日本沿岸付近の洋上風力の賦存量は1200GW～1500GWに達する²⁾。これは単純計算で原発1200基～1500基に相当し、日本国内の原発が約50基程度であることを考えれば、非常に大きなエネルギーポテンシャルと言える。

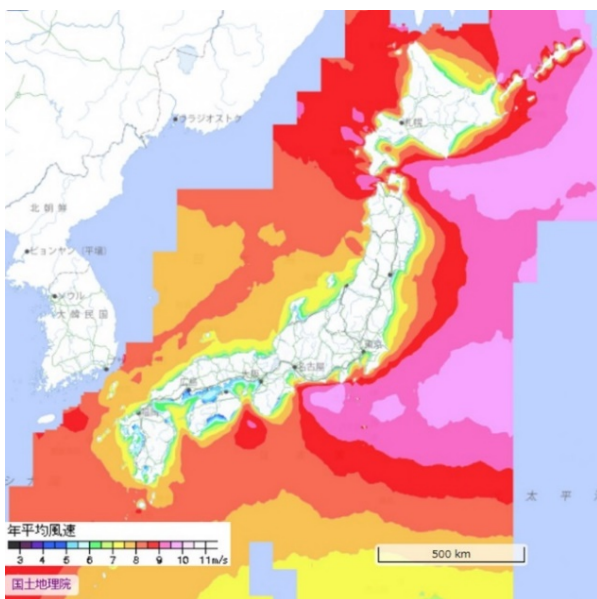


図1 日本周辺の洋上風力

(出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, NeoWins³⁾)

2. 洋上風力発電の現状と問題点

洋上風力発電の導入が盛んなヨーロッパなどは水深の浅い海が広がり、風車を海底に直接設置する着床式と呼ばれる設置方式が主に用いられる。それに対して水深の深いわが国では、アンカー係留した浮体の上に風車を設置する浮体式が多く用いられる(図2)。しかし、いずれの方式も、離岸距離が長くなるほど送電コストや設置コストが上昇するため、洋上風車のほとんどは離岸距離30km内の海域に設置されている。前述のように、これらの海域の洋上風力は比較的微弱であるものの、豊富な賦存量が存在することから、わが国の電力に十分なエネルギーを取り出せるはずである。

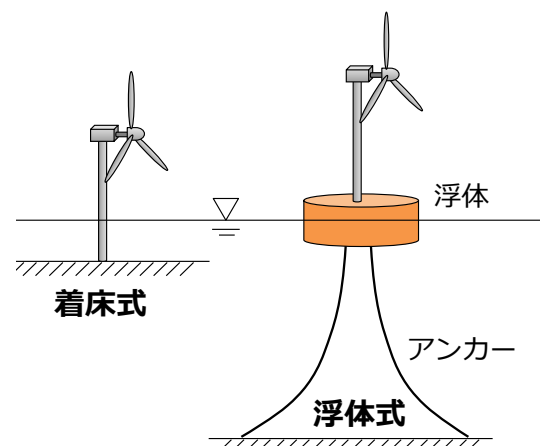


図2 着床式と浮体式の洋上風車

ところが、陸地に近いこれらの沿岸海域は漁業と競合しやすいため、実際に風車を設置できる場所が少ないという実情がある。近年、洋上風力発電の導入促進のため

の制度改革が行われつつあるが、豊富な洋上風力を十分に活かせるほど大量の風車を導入できるかは定かではない。これに対し、もし現在の風車方式に代わり、離岸距離30km超の沖合において低コストで発電可能な方式を実現できれば、漁業との競合を避けられるとともに、もっと膨大な洋上風力を手に入れられることになる。しかし、それを実現できる方法はこれまでのところまだない。

3. 自律高空帆走発電の提案

離岸距離30km超の沖合で発電可能で、送電・設置コストもかからない発電方式があれば、洋上風力発電のブレークスルーになり得る。それを実現する方式としてわれわれが提案しているのが“自律高空帆走発電” (Autonomous Kite-Sailing Power Generation) である。

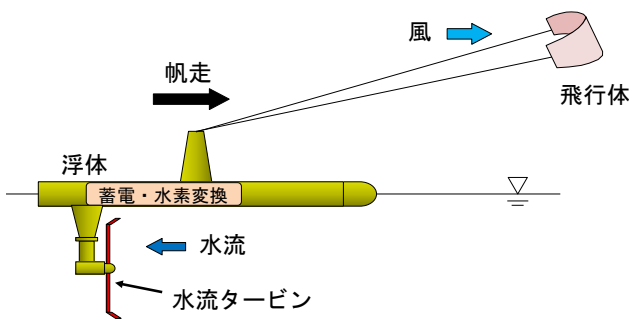


図3 自律高空帆走発電の概念図

図3のように、洋上の浮体から上空に凧型の飛行体を揚げ、その飛行体で捉えた風力を曳航力として浮体を帆走させる。浮体を帆走させながら、浮体下部に搭載した水流タービンで発電する方式である。発電した電力はケーブル送電せずに浮体内に蓄電するか、あるいは発電した電力で海水を電気分解し、水素を製造して浮体内に貯蔵する。つまり、送電ケーブルや係留アンカーで浮体を固定することなく、洋上を自由に帆走しながら発電するため、離岸距離30km超の洋上発電が可能になるのである。また、固定設置せず特定海域を占有しないため、漁業との競合も避けられる。通常風車よりも高々度に飛行体を揚げれば、風車で得られるよりも強い風力を利用することも可能になる。このように飛行体などを使って高々度の風力を利用した風力発電は高空風力発電 (Airborne Wind Energy) と呼ばれ、そのコストパフォーマンスの高さから、欧米を中心に実用化に向けた研究開発が盛んに行われている⁹⁾。

4. 飛行体を用いた帆走方式

自律高空帆走発電で用いる飛行体は、スポーツカイト

のように2本のケーブルを操って操縦が可能であり、図4に示すようにケーブル長さ (通常、数百メートル程度) を半径とする半球上の風下側の一定範囲を自由に飛行できる。ただし、図4の破線で示した飛行限界線付近を除いて、半球上の定位置に飛行体を静止させることはできず、飛行体は常に半球上を移動し続ける。そこで、図4のように半球上の1点を中心に8の字軌道を描いて飛行させることにより、ほぼ一定の方向に曳航力を発生させる。また、8の字軌道の中心位置を移動することで、風向に対して様々な方向に帆走可能であり、図4の飛行限界線近くを飛行させれば、風上方向に浮体を帆走させることも可能である。

飛行体を使って捉えた高空風力によって船舶を帆走させる方式は、現代の帆船技術として、長距離を航海する貨物船などにすでに実用化され、燃費向上への有効性が実証されている⁹⁾。このような帆走システムに水流タービンを組み合わせれば、比較的容易に自律高空帆走発電を実現できると考えられる。

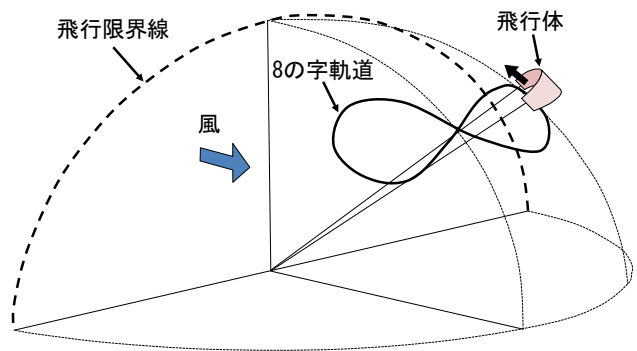


図4 飛行体の飛行範囲と8の字飛行

5. 洋上風力発電の低コスト化を実現

自律高空帆走発電のシステムはその名の通り、高空風力を用いた帆走船に自律航行機能を備えたドローン船である。よって、無人で自律的に帆走して沖合に向かい、沖合で発電して電力を蓄えたら自律的に帰港して陸地に電力を供給する。飛行体の風力で帆走するので動力は必要ない。つまり、陸地と沖合の間を自律的に往復帆走しながら、洋上風力エネルギーを陸地に供給する“エネルギーポンプ”として働く。従来の海底送電ケーブルの敷設には多額のコストがかかるのに対し、この方式であれば低コストのエネルギー伝送を実現できる可能性がある。

また、自律高空帆走発電は高空風力を飛行体で捉え、それをいったん水流エネルギーに変換して水流タービンで発電する。このとき、水流は気流に比べてエネルギー密度が高いため、水流タービンであれば風車の1/4~1/5の小型サイズで風車と同等のエネルギーが得られる。つまり、水流タービンや浮体がコンパクトになり、巨大な

風車を支える強固なタワーや係留アンカーも必要ないため、システム全体の低コスト化につながると期待される。

6. 政府が進める海洋状況把握 (MDA) の実現に貢献

前述のように、自律高空帆走発電システムは風力を動力源とし、燃料不要で長期稼働が可能なドローン船として機能する。この浮体や飛行体に各種観測機器やセンサー、監視カメラ、通信・サーバー機器などを搭載し、洋上の広範囲に多数配備すれば、高い機動性を活かして発電以外の様々な用途への活用が可能である。例えば、政府が海洋基本計画の中で推進している海洋状況把握 (MDA; Maritime Domain Awareness) への適用もその一つである。海洋状況把握とは、外国船の領海侵入や違法操業、南海トラフ地震、気候変動、水産資源管理等に対して、様々な海洋事象の把握が重要になりつつある現状において、多様な海洋情報の集約・共有により、海洋状況を常に効果的かつ効率的に把握しようとする施策の1つである⁹⁾。



図5 自律高空帆走プラットフォーム

例えば、自律高空帆走システムに気象・海象観測機器を搭載すれば、台風や津波などを洋上で早期に捉え、多発する自然災害から国土を守る洋上防災観測網を構築できるかもしれない。また、飛行体に監視カメラを搭載し、高々度から広範囲の海域を監視すれば、不審船監視や海難救助などの危険な任務を24時間無人でこなす海上保安システムとして機能する。最近問題となっている海洋プラスチックごみの自動回収に用いたり、希少な海底資源・水産資源や海洋環境などの調査・観測にも活用可能である。飛行体を高々度アンテナとした洋上高速通信網を構築したり、浮体にサーバー機器を搭載することで海水による自然水冷式の洋上データセンターや洋上クラウドも実現可能である。将来的には、電動船の洋上給電ステーションとして機能し、電動船の長距離航行を可能にすることで海運の脱炭素化に貢献できる可能性もある。このように、自律高空帆走システムは海洋状況把握

(MDA) を実現するための様々な洋上インフラとして活用できると考えられる。

排他的経済水域を含むわが国の広大な海洋空間は現在ほとんど利用されていない。ここに自律高空帆走システムを多数配備すれば、上記の様々な洋上インフラの共通プラットフォームとなり (図5)、海洋状況把握 (MDA) を強力に推し進めることが可能になる。わが国は海外に比べ洋上風力の導入コストが高いことが普及の障害となっているが、洋上風力だけではない多用途の組み合わせによって、採算性の高い新たなビジネスモデルを構築できるかもしれない。さらに、自律高空帆走プラットフォームは海洋空間の利用をこれまでになく活性化し、そこから得られる膨大な海洋ビッグデータや海洋エネルギー・資源を活用して、海洋立国やエネルギー自給率100%の実現、低炭素社会や持続可能社会の構築につながる。中国等は本方式と類似目的の無人半潜水艇⁷⁾を日本近海に配備しており、海洋の利活用が国際的にも進みつつある。

参考文献

- 1) 環境省：平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書, 2011.
- 2) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)：着床式洋上風力発電導入ガイドブック, 2018.
- 3) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)：洋上風況マップ NeoWins, http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/top.html
- 4) Schmehl, R.: Airborne Wind Energy, Springer, 2018.
- 5) SkySails 社： <https://www.skysails.info/en/>
- 6) 総合海洋政策本部：我が国における海洋状況把握(MDA)の能力強化に向けた今後の取組方針, 2018.
- 7) Chen, H., Li, J., Xuan, Y., Huang, X., Zhu, W., Zhu, K. and Shao, W.: First rocketsonde launched from an unmanned semi-submersible vehicle, *Advances in Atmospheric Sciences*, 36, 339-345, 2019.